



Horst Marschall bei seinem Forschungsaufenthalt in der Antarktis. Das Foto hat sein Gelände-Assistent Sune Tamm geschossen – für zweieinhalb Monate die einzige menschliche Gesellschaft.

## Botschafter aus dem Inneren der Erde

Heraeus-Stiftungsprofessur stärkt die Brücke zwischen Physik und Geowissenschaften

Horst Marschall erforscht Gesteine, die tief aus dem Erdmantel kommen. Dazu arbeitet der neue Heraeus-Professur eng mit der Physik zusammen. Am 7. November stellt er sein Forschungsgebiet vor.

Im Büro von Horst Marschall stapeln sich Kisten. Die Holzkisten links neben dem Eingang sind mit der Aufschrift „WHOI“ versehen. Das steht für Woods Hole Oceanographic Institution, ein Meeresforschungsinstitut auf der Halbinsel Cape Cod an der amerikanischen Ostküste, direkt am Meer. Horst Marschall zeichnet die Küstenlinie auf sein neues Whiteboard und markiert die Position des WHOI mit einem Kreuz. Südlich davon liegen die Inseln Martha's Vineyard und Nantucket. Das klingt nach Sommerferien in Neu England. Der Petrologe und Geochemiker Horst Marschall hat dort in den letzten sechs Jahren die Entstehung der Erdkruste und die Bewegungen des Erdmantels (Mantelkonvektion) erforscht. Viele dieser Prozesse zeichnen sich auf dem Meeresboden ab, beispielsweise dort, wo Vulkane oder schwarze Raucher mit ihren schwefelhaltigen Gasen von den gewaltigen Drücken und der Hitze im Erdkern zeugen. In den Holzkisten lagern die Gesteinsproben, die Marschall während dieser Zeit gesammelt hat.

An der rechten Zimmerwand warten blaue Plastikbehälter mit Proben, die er während seiner Forschungsreise in der Antarktis ge-

nommen hat, darauf, ausgepackt zu werden. Zweieinhalb Monate zeltete Marschall mit einem Kollegen, den er vorher nicht kannte, in einer der letzten von Menschen unberührten Landschaften der Erde. „Heute sind wir gute Freunde“, sagt er. Hier ging (und geht) es um die Entstehung des antarktischen Kontinents und seine Beziehung zu den anderen Südkontinenten (Afrika, Südamerika, Indien, Australien), die bis vor 170 Millionen Jahren zusammen einen einzigen großen Kontinent bildeten. Die beiden Forscher haben dort viele der Gesteine erstmals altersdatiert und Reste von bis zu 3500 Millionen Jahre alten Gesteinen gefunden.

In den Schubladen des Büros im Institut für Geowissenschaften mit Blick auf die Frankfurter Skyline lagert eine Sammlung dünn geschliffener Gesteinsproben – so dünn, dass man mit einem Mikroskop hindurchschauen kann. Und in den Vitrinen hütet der Forscher versteinerte Schätze aus seiner Kindheit und Jugend in Münster, wo er in seiner Freizeit Fossilien sammelte. Er studierte Geowissenschaften an der Universität Heidelberg und schloss nach dem Diplom eine Doktorarbeit an. Nach der Promotion (2005) ging er mit einem Marie Curie-Stipendium als Postdoktorand an die Universität Bristol. Zwei Jahre später erhielt er dort eine Stelle als „Research Assistant“. 2010 siedelte er dann mit seiner Frau, die ebenfalls Geologin ist, und den beiden Töchtern

an das Woods Hole Oceanographic Institution. Dort hatte er eine Stelle als „Associate Scientist“ im Fachbereich Geologie und Geophysik.

An der Goethe-Universität bekleidet Horst Marschall seit 1. September die neu geschaffene Heraeus-Stiftungsprofessur. Sie konnte dank einer großzügigen Spende der Heraeus-Stiftung anlässlich des 100-jährigen Jubiläums der Universität eingerichtet werden. Ihr Ziel ist es, die Brücke zwischen der Physik und den Geowissenschaften an der Universität zu stärken. Die Arbeitsgruppe von Horst Marschall begann bereits im Vorfeld seiner Berufung eine Kooperation mit Prof. Cornelius Krellner vom Kristall- und Materialforschungslabor der Goethe-Universität. Die Forscher wurden im Rahmen der Berufung und motiviert durch die Stiftung aufeinander aufmerksam. Krellner ist Experte für Supraleitung. Er züchtet in seinem Labor hochreine Kristalle mit einer genau definierten Zusammensetzung. Der Anknüpfungspunkt zur Arbeit von Horst Marschall ist die Petrologie – die Lehre von den Steinen.

Marschall interessiert sich für die Entstehung natürlicher Minerale, insbesondere für die Reaktionsraten in Gesteinen. Ihre kristalline Struktur ändert sich unter den extremen Drücken und Temperaturen, die im Erdmantel herrschen. Beispielsweise tritt Kohlenstoff an der Erdoberfläche als Graphit auf, wandelt sich aber unter einem Druck von 4 bis 5 Gigapascal (40.000 bis 50.000 Atmosphären), wie er in

150 Kilometern Tiefe herrscht, in Diamant um. Für viele Minerale sind solche Umwandlungsreaktionen bekannt, und sie werden genutzt, um die Tiefe abzuschätzen, aus der die Gesteine stammen, sowie die Temperaturen, denen sie ausgesetzt waren. Weniger gut bekannt sind die Reaktionsraten für geologische Prozesse, also die Zeiträume, in denen beispielsweise eine Bergkette entsteht und wieder vergeht. „Also die Frage: How many years can a mountain exist, before it is washed to the sea?“, zitiert Marschall Bob Dylan.

Da viele solcher Prozesse in der Natur entweder in unzugänglichen Tiefen oder über Zeiträume von Hunderten bis Millionen von Jahren ablaufen, kann man sie nicht direkt messen. Aber es ist möglich, sie im Labor auf kleinem Maßstab zu simulieren. Hier setzt die Kooperation von Krellner und Marschall an. Die im Kristalllabor von Krellner gezüchteten Minerale werden im Hochdrucklabor der Geowissenschaften extrem hohen Drücken und Temperaturen ausgesetzt, so dass die Umkristallisation und der Austausch von chemischen Elementen wie im Zeitraffer zu beobachten ist. Horst Marschall interessiert dies vor allem im Zusammenhang mit Gesteinen, die durch Plattentektonik und Mantelkonvektion aus den Tiefen des Erdmantels an die Oberfläche getragen werden. Er zeigt einen etwa tennisballgroßen dunklen Stein, der erstaunlich schwer ist. „Dieser Stein war 50 Kilometer tief unter der Erde“, erklärt er. Das ist eine Tiefe, die durch Bohrungen schon längst nicht mehr zugänglich ist. (Das 1996 abgeschlossene kontinentale Tiefbohrprogramm erreichte eine Tiefe von 9 Kilometern.)

Wie kommen diese Boten aus dem Inneren der Erde an die Oberfläche? Horst Marschall erklärt den Prozess mit einer Skizze am White Board: Im Erdinneren ist der flüssige Erdkern, dann folgt der festen Erdmantel (30 bis 2900 Kilometer unter der Erdoberfläche) und schließlich die, im Verhältnis sehr dünne, Erdkruste. Heißes Gestein steigt durch den Erdmantel auf, beginnt aufgrund der Druckentlastung nahe der Oberfläche zu schmelzen und schießt an Hotspots wie Hawaii, Réunion oder aus Vulkanen auf dem Meeresboden an die Oberfläche. An diesen Stellen wird die vorhandene Erdkruste auseinander gedrückt und wächst kontinuierlich. Die neu entstandene Kruste wandert langsam an der Oberfläche entlang, bis sie sich schließlich an einer anderen Plattengrenze unter eine andere Platte schiebt und wieder in den Erdmantel hinabgezogen wird. Das kostbare Gestein wäre unwiederbringlich verloren, gäbe es in diesen sogenannten Subduktionszonen nicht ebenfalls vulkanische Aktivität und tektonische Prozesse, die in Glücksfällen Proben aus großer Tiefe zurück an die Erdoberfläche befördern. Aus einer solchen Zone stammt der Stein, den Marschall nun in Frankfurt mithilfe geoche-

mischer Methoden untersuchen möchte. Dazu wird die Probe in Säure aufgelöst und im hochauflösenden Massenspektrometer des Instituts für Geowissenschaften auf seine chemische Zusammensetzung und das Verhältnis der Isotope untersucht. Letzteres ist zum Beispiel für die Datierung der Proben wichtig.

Die zweite Idee zu einer Kooperation mit der Physik beruht darauf, die bald fertiggestellte Neutronenquelle FRANZ zu nutzen, um die Transformation der Kristallgitter unter zunehmendem Druck direkt beobachten zu können. Bisher ist es so, dass die Proben im Hochdrucklabor gepresst und aufgeheizt werden, um die Verhältnisse in einer bestimmten Tiefe des Erdmantels zu simulieren. Dann schreckt man sie ab und analysiert die Struktur und die chemische Zusammensetzung der neu entstandenen Minerale mit Hilfe mikroanalytischer Methoden, die am Institut für Geowissenschaften zur Verfügung stehen. Gemeinsam mit Oliver Meusel und dessen Kollegen vom Stern-Gerlach-Zentrum und dem Institut für Angewandte Physik möchte Horst Marschall künftig versuchen, die Proben in der Presse mit Neutronen zu bestrahlen, und daraus, ähnlich wie mit der Röntgenspektroskopie, die Kristallstruktur ableiten. Dabei könnte der Druck kontinuierlich erhöht werden, so dass man wie mit einem Fahrstuhl in den Erdmantel hinabfahren würde. „Der maximale Druck, den die Stempel der Pressen ausüben können, beträgt 25 Gigapascal, was einer Tiefe von etwa 700 Kilometern entspricht. Aus der Analyse von Erdbebenwellen wissen wir, dass der Übergangsbereich zwischen dem oberen und unteren Erdmantel in etwa in dieser Tiefe liegt. Wir können also mit unseren Pressen in Frankfurt den gesamten Bereich der Kruste und des oberen Erdmantels simulieren.“

Und was wünscht sich Horst Marschall für die nächsten Jahre? „Ich wünsche mir, dass ich die Begeisterung für mein Fach in den Vorlesungen in den Studierenden erwecken beziehungsweise wachsen lassen kann, und dass mir die zeitliche Balance zwischen Forschung und Lehre gelingt. Den ambitionierten Projekten, die ich mir vorgenommen habe, allen voran die Kollaboration mit den Arbeitsgruppen der Festkörper- und angewandten Physik, sehe ich mit Spannung entgegen, denn hier könnte die besondere Konstellation zu einer wissenschaftlichen Symbiose führen, die etwas wirklich Neues hervorbringt. Dies könnte auch durch die Impulse, die wir uns von den Gastprofessoren und -professorinnen erhoffen, noch verstärkt werden. Ich hoffe, dass wir den Geowissenschaften in Frankfurt auf diese Weise international zu noch mehr Geltung verschaffen. Und natürlich hoffe ich, dass die Eintracht nicht absteigt.“

Anne Hardy